

De la Materia Pasiva a la Actividad Intrínseca: Una Derivación Causal de la Ecuación de Schrödinger

Augusto Del Pilar

Investigador Independiente

Abstract

Se presenta una derivación de la ecuación de Schrödinger no relativista a partir de primeros principios ontológicos. Se argumenta que las paradojas de la mecánica cuántica (MQ), notablemente el problema de la medida, son una consecuencia de un axioma tácito heredado de la Mecánica Clásica (MC): la pasividad de la materia ($\Delta p = 0$). Proponemos una subversión de este axioma, introduciendo un principio de Actividad Intrínseca ($\Delta p \neq 0$) como **un fundamento material**. Demostramos que este principio conduce a una indeterminación ontológica cíclica, y esta necesariamente a una descripción del sistema mediante un campo de proporciones (probabilidades). Finalmente, al imponer condiciones de causalidad, periodicidad y coherencia a este campo, se deriva formalmente la ecuación de Schrödinger como la única ley de evolución posible. Este enfoque reinterpreta la MQ como una Mecánica de Proporciones (MP) de un sistema real y activo, eliminando la necesidad del colapso de la función de onda, entre otras contradicciones.

Fuente del Artículo: Este artículo ofrece una síntesis parcial de la obra *Una Interpretación No Ortodoxa de la Mecánica Cuántica* [1]. El texto completo, revisado y traducido, está siendo financiado mediante una campaña de crowdfunding. Para fines de validación, el material fuente con los argumentos conceptuales ha sido depositado como borrador preliminar en el repositorio de acceso abierto Zenodo: 10.5281/zenodo.17716230. Las referencias [[1], *Capítulo*] en el cuerpo de este artículo señalan la sección correspondiente del texto fuente.

1. Introducción: El Conflicto Interpretativo y el Fundamento No Resuelto

La MQ representa, sin duda, una de las construcciones matemáticas más precisas y predictivas en la historia de la ciencia. Su capacidad para describir el comportamiento del mundo microscópico es incuestionable.

Sin embargo, este éxito empírico contrasta marcadamente con la profunda confusión conceptual que ha plagado sus fundamentos interpretativos durante casi un siglo.

La teoría estándar nos ha legado un entramado de dilemas filosóficos y físicos que permanecen abiertos. [[1], 1.1. *Conflictos de la mecánica cuántica*].

tica].

Estos conflictos incluyen:

- El Problema de la Medida: La aparente necesidad de un "observador" que, mediante el acto de medir, parece crear la realidad, sugiriendo una naturaleza subjetiva del mundo [2] [3].
- El Colapso de la Función de Onda: El postulado ad hoc que describe cómo un sistema en superposición de múltiples estados se reduce a un único resultado al ser medido, sin un mecanismo físico claro que explique dicho colapso [3] o a través de una *Reducción Objetiva Orquestada* [4].

- La Dualidad Onda-Partícula: La ambigüedad ontológica de describir los objetos cuánticos, que se comportan como ondas en ausencia de observación y como partículas al ser detectados [5].
- Indeterminismo y Azar: La ruptura con la causalidad determinista de la física clásica, reemplazando la necesidad por una probabilidad que parece ser fundamental [6] [7].
- No-Localidad: El fenómeno del entrelazamiento cuántico, que implica correlaciones instantáneas entre partículas separadas por grandes distancias, un hecho que Einstein repudió [8].

La respuesta histórica a esta confusión ha sido, en gran medida, un pragmatismo instrumentalista: El objetivo de la física se reduce a proporcionar un formalismo (la mecánica cuántica) que prediga correctamente los resultados de las mediciones y no a describir una realidad subyacente e inobservable [9]. Se ha normalizado la incomodidad, aceptando la confusión como una característica necesaria de la naturaleza, encapsulada en la idea de que la teoría funciona matemáticamente, aunque su significado siga siendo esquivo.

Este artículo argumenta que esta confusión no es una característica intrínseca de la MQ. Sostenemos, en cambio, que es una consecuencia directa de aplicar un lenguaje conceptual heredado e inadecuado. El problema no reside en la nueva física, sino en las intuiciones filosóficas tácitas que esta heredó de la MC.

2. Un Nuevo Fundamento: El Principio de Actividad Intrínseca

2.1 El Axioma de la Materia Pasiva

La dificultad de interpretar la MQ proviene de un axioma filosófico que la física ha mantenido inalterado desde Newton: la pasividad de la materia. [[1], 2.4.8. *El primer axioma de Newton*]. La MC, en cualquiera de sus formulaciones (newtoni-

ana, lagrangiana o hamiltoniana), se fundamenta en la premisa de que la materia, por sí misma, no tiene capacidad de cambio. [[1], 3. *Mecánica Analítica*]. Todo movimiento, toda alteración de estado, es una reacción inevitable a una causa o fuerza externa. En este marco, la inercia ($\Delta p = 0$), concepto que se deriva de *iners*, *inactivo*, es el estado natural de la **Materia Pasiva**.

Este axioma impone el determinismo: el comportamiento de los cuerpos es completamente predecible porque su evolución está fijada por las condiciones iniciales y las fuerzas que actúan sobre ellos.

2.2 La Subversión Ontológica

Proponemos que la causa de las paradojas de la MQ no es matemática, sino que reside precisamente en la extensión del axioma de la pasividad a todas las escalas, particularmente la microscópica o cuántica, donde la experiencia directa desaparece. Si la materia no se comporta como un objeto pasivo, limitado a seguir una única trayectoria, la lógica debe ser invertida. [[1], 4.5. *Una interpretación no ortodoxa*]. Introducimos, por tanto, un nuevo principio ontológico: el Principio de Actividad Intrínseca (PAI). [[1], 4.6. *El fundamento ontológico de la nueva mecánica*].

Principio de Actividad Intrínseca

(PAI): *El estado fundamental de la materia no es la inercia pasiva ($\Delta p = 0$), sino el cambio espontáneo o la Actividad Intrínseca ($\Delta p \neq 0$).*

La partícula no espera a ser empujada; su naturaleza es el movimiento inherente e indeterminado a priori. La trayectoria rectilínea y uniforme es solo el estado natural de los cuerpos que no pueden ejercer influencia en su movimiento.

De hecho, ambos tipos de movimiento se satisfacen a la escala macroscópica. Podemos en todo momento observar, en la escala que habitamos, cuerpos pasivos y activos.

2.3 Indeterminación Ontológica

La consecuencia más necesaria del PAI es la naturaleza de la indeterminación. En el formalismo ortodoxo, la incertidumbre se asume como una consecuencia de la naturaleza ondulatoria.

Esta no es la formulación de Heisenberg ($\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$), que define una relación de incertidumbre epistémica en la escala cuántica. Nuestra formulación es ontológica y universal: la actividad (representada como la variación de momento distinto de cero) es la base de toda existencia material:

- La realidad no puede anticiparse antes de definirse.
- La evolución de un sistema no es una propiedad estática, sino un proceso dinámico del propio cuerpo.
- El mundo no se limita a ser; se encuentra perpetuamente en el **acto y creación**.

Esta perspectiva resuena con la observación filosófica sobre la conciencia y la existencia. [[1], 5. *Consideraciones Metafísicas*]. Si el objeto es un proceso activo, la función matemática que lo describe no puede ser una trayectoria determinada.

Este giro ontológico encuentra su expresión más precisa en la crítica al verbo "ser" como estático. Como hemos derivado de nuestro análisis, la estructura de la realidad refleja una estructura de creación.

El "Ser" (con mayúscula, un sustantivo), entendido como una entidad fija, es una abstracción derivada de la aversión al vacío de la indeterminación. El PAI postula, en cambio, el "siendo" (un gerundio) como el fundamento. La realidad es fundamentalmente verbal, no nominal.

2.4 La Firma de la Actividad

Si el PAI es el fundamento ontológico, ¿dónde encontramos su firma observable? La respuesta emerge de la observación directa. Incluso en los sistemas que consideramos "clásicos", en nuestra

propia escala macroscópica. Y en realidad podemos observarla en todas las escalas de la existencia a las que tenemos acceso.

- Emergencia y perecimiento cósmico: El universo en su conjunto transita de la inexistencia relativa a la existencia material en todas las escalas. Se desplaza entre un abismo de imposibilidades prácticas a realidades concretas. Todas las cuales inevitablemente perecen [10].
- Dinámica del sistema solar: La persistencia de sus ciclos a lo largo de eones, a pesar de las constantes perturbaciones externas, sugiere que el sistema no opera en un equilibrio pasivo, sino en un estado resiliente de homeostasis dinámica. Ya para Newton eso era claro [11].
- Nivel planetario y biológico: La Tierra opera como un sistema integrado que exhibe características propias de un organismo vivo. Su capacidad de autorregulación entre interacciones internas y externas se manifiesta en un constante estado de homeostasis material [12].
- Seres vivos y entidades subcelulares: Todos los seres vivos y entidades replicativas son sistemas disipativos que mantienen su orden a través de un flujo material constante: los llamados *sistemas autopoieticos* o aquellos que se producen continuamente a sí mismos [13]. Pero este principio de actividad se extiende incluso a los componentes orgánicos fundamentales considerados no vivos, como las proteínas, en lo que se conoce como dinámica conformacional [14].
- Química inorgánica: Existen estructuras disipativas (cíclicas) en sistemas puramente inorgánicos como el corazón de mercurio o la reacción de Belousov-Zhabotinsky (BZ) [15], esta última rechazada al considerarse químicamente imposible.
- Nivel atómico y subatómico: La emisión

espontanea de fotones de un electrón o la desintegración radioactiva de núcleos atómicos son ejemplos de sistemas *espontaneos*. En realidad toda la materia objeto de estudio de la mecánica cuántica posee un movimiento intrínseco e impredecible. [1], 4.6.2.1. *La medida de actividad de las partículas*]. El concepto de energía del punto cero es la demostración clásica de que el momento nunca se anula.

En síntesis, la observación de que la actividad y la indeterminación son propiedades universales, desde la escala del cosmos hasta la materia fundamental, ratifica la validez del PAI y establece que el estado fundamental de la realidad no es el reposo, sino el movimiento espontáneo inherente.

3. El Problema de la Observación

La transición de la MC a la MP se fundamenta en la redefinición del acto de "observar". En la física de la materia activa, surge una pregunta inevitable: si la partícula es real y bien definida en todo momento en su movimiento, ¿por qué no simplemente se observa para trazar su trayectoria? [1], 4.5.7. *El problema de la observación*].

La respuesta constituye un axioma central de esta nueva mecánica: toda observación implica interacción. El acto de medir no es un sondeo pasivo, sino una perturbación que altera fundamentalmente al sistema observado. En la escala macroscópica, esta perturbación puede ser despreciable, e incluso en esta escala la observación perturba el movimiento del ser activo como se evidencia en el *efecto Hawthorne* [16] o el proceso de *habitación* [17]. Pero en el dominio de la materia fundamental (como un electrón), la perturbación es significativa: la luz (fotones) usada para "ver" altera drásticamente su estado de movimiento. Por lo tanto, el proceso de observación no revela la trayectoria legítima de la partícula; crea una nueva.

El fenómeno conocido como *colapso de la función de onda* se reinterpreta bajo esta óptica. No

es un fenómeno material, ni un evento subjetivo o misterioso, sino un proceso de observación simple que fuerza al movimiento a redefinirse.

Al observar, obligamos al sistema a **dejar de ser lo que estaba siendo** para manifestar **donde está**. Usamos la observación para actualizar nuestro conocimiento del objeto. Pero la observación tiene un costo alto. Al seguir la trayectoria del objeto activo se interrumpe su movimiento y se le fuerza a seguir otro. De esto se deduce una conclusión necesaria: *la evolución legítimamente libre de un sistema solo puede ocurrir en ausencia de observación*.

La partícula existe y continúa su movimiento aun cuando nadie la observa; su indeterminismo no implica inexistencia, sino autonomía ontológica.

3.1 El Principio de Indeterminación

Si bien la evidencia multiescalar ratifica el PAI como un principio universal, la MQ se ocupa de su manifestación más fundamental: el comportamiento de la materia en su nivel primario.

Consideremos el caso de estudio más elemental de la física: **la partícula libre**, un sistema libre de perturbaciones externas con potencialidad de movimiento en todo el espacio. Si localizamos inicialmente esta partícula (una distribución delta de Dirac) y la dejamos evolucionar, el PAI dicta su comportamiento.

La condición ontológica de actividad ($\Delta p \neq 0$) implica que la partícula debe manifestar movimiento. En un espacio isotrópico (sin direcciones preferentes), el PAI se bifurca en dos potencialidades equiprobables:

1. La partícula se mueve en una dirección ($\Delta p > 0$).
2. La partícula se mueve en la dirección opuesta ($\Delta p < 0$).

Dado que el movimiento requiere una extensión espacial para manifestarse, estas potencialidades de momento implican necesariamente potencialidades de posición. En el primer caso, $\Delta x > 0$; en

el segundo, $\Delta x < 0$. Antes de la actualización del estado, ambas posibilidades son cantidades reales. Sin embargo, el producto de estas indeterminaciones ($\Delta x \cdot \Delta p$) es, en ambos escenarios, estrictamente positivo. La isotropía, por otro lado, nos obliga a aceptar que, en promedio ($\frac{1}{2}$), el sistema debe satisfacer una relación de indeterminación fundamental que cuantifique esta actividad mínima:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\eta}{2} \quad (1)$$

Es crucial interpretar correctamente esta desigualdad. No afirma que la acción del objeto esté cuantizada en el sentido tradicional. Afirma que, en un movimiento legítimamente libre, η representa la escala mínima de cambio representable o la unidad mínima de devenir perceptible. [[1], 4.6.1. *El principio de indeterminación*]. La cantidad $S = \Delta x \cdot \Delta p$ define la acción, una medida del cambio intrínseco del sistema. [[1], 3.4.4. *Reinterpretación de la acción*].

Aquí la constante η no es una limitación de nuestros instrumentos, es el límite cognitivo impuesto por la condición existencial del movimiento. η actúa como un umbral que separa lo predecible de lo impredecible. De hecho, si la escala η fuese suficientemente grande (en relación con la acción del sistema), se podría definir simultáneamente posición y momento con precisión suficiente para reconstruir una trayectoria, recuperando así el determinismo clásico.

4. La Mecánica de Proporciones

El "Problema de la Observación" nos obliga a abandonar la trayectoria como objeto de estudio.

Si el movimiento de la materia fundamental no puede ser observado sin ser destruido, la descripción física debe cambiar de lenguaje. [[1], 4.5.9. *Del movimiento al mundo de las probabilidades*].

La trayectoria es reemplazada por la probabilidad. Esto nos lleva a una **Mecánica de Proporciones** (MP). El objeto de estudio ya no es cómo

se mueven las cosas, sino **con qué proporción un posible movimiento pesa en el resultado observado**.

En esta *mecánica*, el objeto de estudio es la probabilidad, que se define formalmente como una proporción: la relación entre la cantidad de casos favorables (cada trayectoria que conduce al resultado) y la cantidad total de casos posibles (cada posible trayectoria).

La evolución de un sistema se calcula, por tanto, mediante una superposición coherente de todas las potencialidades. Como en la formulación de Feynman [18], la probabilidad total de un resultado no depende de un camino único, sino de la suma de las contribuciones de todos los caminos posibles. El truco de Feynman, sin embargo, encierra una trampa sutil. Su método parte de la MQ para definir la MQ. En rigor, no explica *por qué* la MQ es como es, pero presenta otra forma de calcular probabilidades. [[1], 4.4.2. *La suma de los caminos*].

4.1 La periodicidad de la indeterminación

La introducción de la cota mínima de acción η impone una periodicidad fundamental a la descripción del sistema. Si la acción S es la medida del cambio intrínseco, la cantidad adimensional $\hat{\mu} = S/\eta$ mide la proporción del cambio total respecto al mínimo perceptible. Esta cantidad $\hat{\mu}$ representa el cambio medido en ciclos de η . Todo lo que ocurra entre ciclos, es decir, cualquier actividad o movimiento cuya acción sea $0 < S < \eta$, es indistinguible y no puede ser representado. [[1], 4.6.3.1. *La medida de actividad de las partículas*].

Aceptamos así una *ignorancia* fundamental a cambio de permitir la *actividad* ontológica. Estos η son los "ladrillos de certeza" sobre los que se edifica la descripción.

En esta descripción, esta escala η no es una constante universal, sino una escala intrínseca del sistema activo observado; donde cada sistema presenta su propia escala (diferentes escalas, diferentes constantes, misma manifestación, actividad intrínseca).

Esta naturaleza cíclica implica que la función de distribución es inherentemente periódica sobre la acción del sistema:

$$e^{\frac{iS}{\hbar}} = e^{\frac{i}{\hbar}(\theta + 2\pi\eta n)} \quad (2)$$

con $2\pi\eta$ el periodo y n el número de ciclos completos [[1], 4.6.4.1. *La periodicidad de la función de distribución*]. En otras palabras, $n\eta$ es nuestra medida de cambio práctica, la que nos representa algo observable, la que se puede medir: el movimiento se representa ahora en bloques o ciclos de η . Todo lo que queda en medio, queda fuera de lo perceptible.

Esta periodicidad justifica la necesidad de usar el campo de los números complejos como el lenguaje matemático adecuado para describir el sistema. [[1], 4.6.4.2. *Los representantes de periodicidad*].

4.2 La forma de la distribución

La característica que describe las proporciones en que un evento pesa en un resultado y cuantifica cada peso sobre cada posible resultado es la función de distribución (ψ).

Partiendo de la partícula libre, inicialmente localizada:

- El movimiento de la partícula, aunque causal y real, es impredecible e inobservable.
- Cada punto circundante en el espacio representa una posible posición de la partícula.
- Todos los puntos a la misma distancia del origen de la partícula son igualmente probables.
- Los puntos más cercanos a la posición de la partícula son más probables que aquellos más lejanos.

Bajo estas observaciones es claro que la forma dinámica de la distribución de probabilidad (la MP) sigue una lógica abstracta análoga al prin-

cipio de Huygens. Con cada desplazamiento que da la partícula (con simetría radial), una nueva posición. Cada cual actúa como una nueva fuente de probabilidad; el lugar de donde emergen nuevos posibles caminos.

Por tanto, de cada posición posible avanza un nuevo "frente" de probabilidad. Esta es sin duda una forma muy ingeniosa de representar la proporción de todos los caminos en el espacio. [[1], 4.6.4.3. *La forma dinámica de la distribución*].

En términos matemáticos, la función de distribución está relacionada con las proporciones mismas:

$$\frac{\partial\psi}{\partial x} = u(x, t)\psi \quad (3)$$

Esta es la manifestación estadística de la libertad de la partícula: donde es más probable que esté (más "denso", donde más caminos se cruzan), desde allí se difunde.

Dado que el movimiento es libre e isotrópico (el espacio en sí no interviene), u debe ser una constante. Para que la probabilidad total se conserve (que ψ no crezca exponencialmente ni desaparezca), u no puede ser un número real. La solución natural, exigida por la periodicidad, es que u sea una constante puramente imaginaria $u = i\omega$:

$$\frac{\partial\psi}{\partial x} = i\omega\psi \quad (4)$$

De este modo, la distribución no se atenúa ni explota: **oscila**.

5. Derivación de la ecuación de Schrödinger

La deducción formal de la ecuación de evolución de la función de distribución surge de los principios anteriores:

1. Se parte de un sistema activo cuya distribución es $\psi(x, t)$.
2. Tras un intervalo Δt , la partícula puede haberse movido a $x + \Delta x$ o $x - \Delta x$ con igual

probabilidad ($\frac{1}{2}$).

3. Aplicando la forma de la distribución (4), $\Delta\psi/\Delta t$ es:

$$i\omega[\psi(x + \Delta x, t + \Delta t) - \psi(x, t)] \quad (5)$$

o

$$i\omega[\psi(x - \Delta x, t + \Delta t) - \psi(x, t)] \quad (6)$$

4. Siendo ambos igualmente probables, en el limite en que $\Delta t \rightarrow 0$ el cambio promedio es:

$$\frac{i\omega}{2} [\psi(x + \Delta x, t) - 2\psi(x, t) + \psi(x - \Delta x, t)] \quad (7)$$

5. Mientras que:

$$\frac{\Delta\psi}{\Delta t} \rightarrow \frac{\partial\psi}{\partial t} \quad (8)$$

6. Al mismo tiempo, es natural que $\Delta x \rightarrow 0$, donde el principio de indeterminación toca la igualdad:

$$\Delta x \cdot \Delta p = \frac{\eta}{2} \quad (9)$$

7. La constante ω representa el ritmo del desplazamiento estadístico ($\omega = \Delta v/\Delta x$), por tanto:

$$\omega = \frac{1}{m^1} \frac{\Delta p}{\Delta x} \quad (10)$$

8. En la ecuación (9) ya consideramos el promedio de las dos direcciones posibles al derivar (1). En la forma (7) consideramos nuevamente el promedio de las dos direcciones. Considerar dos veces el factor $1/2$ sería un error. Por tanto, al despejar Δp de (9) ignoramos el factor de $\frac{1}{2}$, pero lo conservamos en (7):

$$\Delta p = \eta/\Delta x \quad (11)$$

Notesé que bien puede ser al revés, siempre que no se duplique el promedio.

9. Sustituyendo (11) en (10):

$$\omega = \frac{\eta}{m(\Delta x)^2} \quad (12)$$

10. Sustituyendo (12) en (7):

$$\frac{i\eta}{2m} \frac{[\psi(x + \Delta x, t) - 2\psi(x, t) + \psi(x - \Delta x, t)]}{(\Delta x)^2} \quad (13)$$

11. Aplicando el limite cuando $\Delta x \rightarrow 0$:

$$\frac{i\eta}{2m} \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} \quad (14)$$

12. Por construcción las formas (8) y (14) son iguales:

$$\frac{\partial\psi}{\partial t} = \frac{i\eta}{2m} \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} \quad (15)$$

13. Multiplicando ambos lados de la ecuación por $i\eta$, se obtiene finalmente:

$$i\eta \frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{\eta^2}{2m} \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} \quad (16)$$

Esta es la ecuación de Schrödinger para una partícula libre que no emerge de una analogía con ondas clásicas, sino del PAI.

Esta ecuación más que una ecuación de onda, es una ecuación de difusión compleja [[1], 4.6.4.5. *Interpretación de la ecuación de Schrödinger*] con parametro de difusión:

$$D = \frac{i\eta}{2m} \quad (17)$$

que describe necesariamente una MP, fundamentada en la actividad ontológica ($\Delta p \neq 0$).

En este punto podemos decir que la función $\psi(x, t)$ mide la concentración de caminos que llegan a x en el tiempo t sujeto a que inicialmente estaban distribuidos como $\psi(x, t = 0)$.

Las ecuaciones (15) y (16) representan esencialmente la misma dinámica: la mecánica de proporciones. Esta establece que la evolución temporal de la función de distribución ψ es el de la difusión. Esta ocurre desde la mayor concentración de caminos, desde donde es más probable que la partícula esté, donde más se curva la distribución.

En la ecuación (15) es claro el parámetro de difusión y las unidades de cambio son las de ritmo. Por otro lado, en la ecuación (16) las unidades son las de energía, lo que hace la descripción de cambio más completa [[1], 3.1. *El concepto de energía*].

5.1 El rompimiento de la simetría: una Derivación Causal del Potencial

La Ecuación (15) describe un sistema en evolución libre, donde la simetría del espacio es absoluta. Cuando una partícula se encuentra bajo el efecto de fuerzas, considerando que son conservativas, sus influencias se representa bajo un campo de potencial $V(x)$ [[1], 3.1.3. *Energía potencial*]. Aquí, su movimiento deja de ser del todo libre y este potencial ejerce una **acción** (S_V) sobre la partícula. En la Mecánica Analítica (MA), la acción del potencial en un intervalo Δt se representa como:

$$S_V = V(x)\Delta t \quad (18)$$

Al tratarse de un objeto pasivo, esta acción representa la evolución única del movimiento. En la MP, esta acción no se manifiesta como una trayectoria única. En virtud del Principio de Periodicidad (Sección 4.1), cualquier cambio en la acción S de un sistema activo se representa en ciclos de η : como una rotación o cambio de fase en la función de proporciones ψ [[1], 4.6.4.6. *La ecuación de Schrödinger completa*].

Por tanto, el efecto del potencial $V(x)$ no es modificar el desplazamiento estadístico (el tér-

mino de difusión que representa el movimiento intrínseco de la partícula), sino modificar la fase de ψ . En un intervalo Δt , la evolución de la función ψ debida exclusivamente al potencial es una rotación de fase:

$$\psi(x, t + \Delta t) = \psi(x, t) \cdot e^{-\frac{iV(x)\Delta t}{\eta}} \quad (19)$$

El signo negativo es necesario para asegurar que la energía potencial positiva ($V > 0$) resulte en un aumento de la frecuencia angular.

Para Δt pequeño ($\Delta t \rightarrow 0$), utilizamos la expansión de Taylor $e^x \approx 1 + x$:

$$\begin{aligned} & \psi(x, t + \Delta t) - \psi(x, t) \\ & \approx \psi(x, t) \left(1 - i \frac{V(x)\Delta t}{\eta} \right) - \psi(x, t) \end{aligned} \quad (20)$$

Simplificando, dividiendo por Δt y aplicando el límite cuando $\Delta t \rightarrow 0$:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = -i \frac{V(x)}{\eta} \psi \quad (21)$$

Esta expresión es el término que describe la evolución temporal del campo de proporciones ψ inducida por la acción del potencial $V(x)$: la evolución forzada.

5.2 La Ecuación de Schrödinger Completa

La evolución del sistema es la suma de su evolución libre (15) más la evolución forzada (21):

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(\frac{\partial \psi}{\partial t} \right)_{\text{libre}} + \left(\frac{\partial \psi}{\partial t} \right)_{\text{forzada}}$$

Esto es:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{i\eta}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - i \frac{V(x)}{\eta} \psi \quad (22)$$

Multiplicando toda la ecuación por $i\eta$ (para transformar la tasa de cambio, que tiene unidades

de ritmo, en una medida de Energía, que es $\hat{H}$), obtenemos la Ecuación de Schrödinger:

$$i\eta \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(-\frac{\eta^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) \right) \psi \quad (23)$$

Para que esta ecuación, derivada de primeros principios, coincida con la forma empíricamente validada de la mecánica cuántica, debemos identificar nuestra escala ontológica η con la constante de Planck reducida, $\hbar$. Para un espacio isotrópico tridimensional, la derivada espacial se generaliza al operador Laplaciano (∇^2), resultando en la forma estándar:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\mathbf{r}) \right) \psi \quad (24)$$

6. Interacción, Entrelazamiento y No-Localidad

Habiendo derivado la ecuación de evolución para una partícula activa y un sistema bajo potencial, debemos ahora abordar el último de los conflictos interpretativos: la No-Localidad. Este fenómeno, comúnmente llamado entrelazamiento cuántico, surge al describir la interacción entre dos o más partículas activas.

6.1 Interacción como Correlación de Proporciones

En la MP, una interacción no es un simple intercambio de fuerzas deterministas. Cuando dos (o más) partículas activas interactúan, el conjunto de todos los resultados acoplados posibles (las trayectorias conjuntas) constituye la descripción completa del sistema [[1], 4.6.7. *La interacción y el entrelazamiento*].

Crucialmente, la interacción no genera resultados independientes, sino correlacionados. El camino que sigue una partícula tras la interacción repercute en el camino de la otra y viceversa. Por lo tanto, el sistema ya no puede describirse mediante funciones de proporciones (ψ) individuales;

debe describirse mediante una función de proporciones conjunta:

$$\Psi(x_A, x_B, t) \neq \psi(x_A, t) \cdot \psi(x_B, t) \quad (25)$$

Esta correlación estadística, consecuencia natural de una interacción coherente, es precisamente lo que la física moderna denomina entrelazamiento.

6.2 La Disolución de la Paradoja de la No-Localidad

La "paradoja" surge cuando las partículas se separan físicamente tras la interacción. En la interpretación ortodoxa, medir la partícula A "colapsa" instantáneamente el estado de la partícula B, sin importar la distancia, violando la localidad. En la MP, este misterio se disuelve. El desconcierto histórico proviene de atribuir realidad física a la función de probabilidad ψ , en lugar de a la partícula.

Bajo el Principio de Actividad Intrínseca (PAI), las partículas son reales y sus propiedades (como el espín) están bien definidas en todo momento, incluso durante la interacción. Si dos partículas surgen de un proceso que exige espines opuestos, una tendrá espín "arriba" y la otra "abajo" desde el momento de su creación. Cuando las partículas se separan, la representación estadística (la función conjunta Ψ) conserva la correlación, pero esto no implica una conexión física a distancia.

El acto de medir la partícula A (y encontrar, por ejemplo, espín "arriba") no "obliga" a la partícula B a definirse. Simplemente descubrimos (actualizamos nuestra información) un estado que ya estaba determinado. La medición revela la coherencia estadística del sistema total, no una "acción fantasmal a distancia".

El entrelazamiento, por tanto, no es una ruptura de la localidad; es la manifestación de la coherencia estadística de un sistema cuyas proporciones se definieron en una interacción común pasada.

7. Discusión e Implicaciones

- **El Significado de ψ :** ψ no es la partícula; es la descripción matemática de la potencialidad de una partícula real y activa; análogo a la integral de caminos de Feynman [18].
- **Dualidad onda-partícula:** Las partículas son partículas en todo momento, reales y bien definidas. La característica ondulatoria es una propiedad de la descripción estadística de sus potencialidades, necesaria por el PAI.
- **El Colapso de la Función de Onda:** El colapso es eliminado. No es un evento físico. Es una *actualización de información* (bayesiana) que ocurre cuando el observador interactúa con la partícula activa, alterando su estado y, por tanto, actualizando el campo de proporciones ψ . En este sentido es concordante con la Cuántica Bayesiana (QBism) [19] en cuanto la interpretación epistemológica de la función de onda. Pero esencialmente distinta a nuestra formulación pues el QBism no propone un fundamento a la MQ, solo le quita poder ontológico a la función de onda.
- **Experimento de la doble rendija:** El experimento de la doble rendija es la demostración por excelencia de la dualidad onda-partícula y el concepto de superposición cuántica [18]. El aparente "misterio" se manifiesta cuando la interferencia se destruye, dejando solo dos bandas discretas (comportamiento corpuscular), en el momento en que se instala un detector para "ver" por donde pasa la partícula.

1. Las potencialidades en superposición (patrón de interferencia): Cuando las partículas son disparadas hacia la doble rendija sin que se intente determinar su camino, el patrón final en la pantalla es de interferencia, típico de una onda. Esto es consecuencia del

PAI: la indeterminación apriori y la determinación activa de los caminos. Las potencialidades de la partícula existe en una superposición de estados que se representan como una función periódica.

2. La destrucción del patrón: El aparente "misterio" surge cuando se introduce un detector para medir por donde pasa la partícula. En ese instante, el patrón de interferencia se destruye y solo se observan dos bandas, como si las partículas se comportaran puramente como proyectiles clásicos. En realidad no es así. No se observan solo dos bandas estrechas, sino un patrón de distribución gaussiana correspondiente a la suma de dos distribuciones individuales (una por cada rendija), sin interferencia.
3. Interacción y redefinición de potencialidades: El conflicto se disuelve al reconocer la naturaleza de la observación:

- No es misterio, es interacción: No se trata de que la "realidad cuántica no quiera ser descubierta", sino de que la observación es un acto de interacción física. Para "ver" el camino de la partícula, se debe hacer que interactúe con otro elemento.

- Destrucción de potencialidades anteriores: En el momento de esta interacción (la observación), las múltiples potencialidades de la partícula que incluían el paso por ambas rendijas dejan de existir.

- Nuevas potencialidades a partir de la observación: La interacción define un nuevo estado. A partir de ese punto, las nuevas potencialidades de la partícula ya no pueden contener las

potencialidades anteriores, disolviendo así el patrón de interferencia.

En esencia, la medición no es un acto pasivo de registro, sino una intervención activa que redefine la evolución del sistema físico. No por conciencia, por mera actualización.

- **El entrelazamiento cuántico:** El entrelazamiento no es una "acción a distancia". Es, en cambio, la coherencia estadística que persiste en la descripción conjunta de un sistema de partículas que compartieron una interacción causal. La "acción fantasmal" se elimina y se restaura la causalidad local en la descripción de la realidad física. El conflicto no reside en que la "realidad cuántica no quiera ser descubierta", sino en la naturaleza física de la medición:
- **El efecto túnel** [20]: Reinterpretado como un "túnel", sino como una manifestación de la Actividad Intrínseca (PAI). La partícula puede acceder a un *impulso* (cambio de momento Δp) necesario para superar la barrera, un evento cuya probabilidad es representada por ψ . [[1], 4.6.5. *El efecto túnel*].
- **Computación cuántica:** La validez de esta interpretación se extiende a la tecnología emergente. La superposición no es una existencia en múltiples mundos, sino la manipulación de este campo de proporciones ψ (el cálculo de todas las potencialidades posibles). De igual manera, el entrelazamiento es la coherencia estadística de dos entidades activas que compartieron una interacción. La potencia computacional cuántica reside precisamente en la capacidad de operar, utilizando estos dos principios fundamentales —superposición y entrelazamiento— para amplificar las proporciones deseadas e interferir destructivamente con las no deseadas [21]. Por lo tanto, el qubit no es un objeto místico, sino una representación tecnológica de una partícula activa con po-

tencialidades en superposición, cuyo estado es susceptible de manipulación lógica.

8. Conclusiones

- Se ha demostrado que el axioma de la Materia Pasiva de la MC heredado a la MQ es la raíz de sus paradojas conceptuales.
- Al reemplazarlo por un Principio de Actividad Intrínseca, se deriva la ecuación de Schrödinger de forma causal y ontológicamente coherente.
- Esta interpretación (la MP) reafirma el realismo y elimina el rol místico del observador.
- Trabajo Futuro: Esta misma lógica se debe poder extender al dominio relativista, lo cual se explorará en una publicación subsecuente.

References

- [1] **Del Pilar, A.** (2025). *Una Interpretación No Ortodoxa de la Mecánica Cuántica*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17716230>.
- [2] **Dirac, P. A. M.** (1930). *The Principles of Quantum Mechanics*. Oxford University Press.
- [3] **Neumann, J. von.** (1955). *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*. Princeton University Press.
- [4] **Hameroff, S. & Penrose, R.** (2014). *Consciousness in the universe: A review of the 'Orch OR' theory*. Physics of Life Reviews, **11**(1), 39–78.
- [5] **De Broglie, L.** (1924). *A tentative theory of light quanta*. Philosophical Magazine, **45**(271), 422–423.
- [6] **Born, M.** (1926). *On the quantum mechanics of collision processes*. Zeitschrift für Physik, **37**(12), 863–867.

- [7] **Heisenberg, W.** (1925). *On quantum-theoretical reinterpretation of kinematic and mechanical relations*. Zeitschrift für Physik, **33**(1), 879–893.
- [8] **Einstein, A., Podolsky, B. & Rosen, N.** (1935). *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?*. Physical Review, **47**(10), 777–780.
- [9] **Bohr, N.** (1928). *The quantum postulate and the recent development of atomic theory*. Nature, **121**(3050), 580–590.
- [10] **Prigogine, I.** (1977). *Self-Organization in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order through Fluctuations*. John Wiley & Sons.
- [11] **Newton, I.** (1713). *Philosophia Naturalis Principia Mathematica*. General Scholium.
- [12] **Lovelock, J. E. & Margulis, L.** (1974). *Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis*. Tellus, **26**(1–2), 2–10.
- [13] **Maturana, H. R. & Varela, F. J.** (1980). *Autopoiesis: The Organization of the Living*. D. Reidel Publishing Company.
- [14] **Henzler-Wildman, K. A. & Kern, D.** (2007). *Dynamic personalities of proteins—beyond lock-and-key in enzyme function*. Nature, **450**(7173), 964–972.
- [15] **Zhabotinsky, A. M.** (1964). *Periodic course of the oxidation of malonic acid solution with bromate catalyzed by cerium ions*. Biofizika, **9**(3), 306–311.
- [16] **Roethlisberger, F. J. & Dickson, W. J.** (1939). *Management and the Worker: An Account of the Research Conducted by the Western Electric Company*. Harvard University Press.
- [17] **Goodall, J.** (1971). *In the Shadow of Man*. Houghton Mifflin.
- [18] **Feynman, R. P.** (1948). *Space-time approach to non-relativistic quantum mechanics*. Reviews of Modern Physics, **20**(2), 367–387.
- [19] **Caves, C. M., Fuchs, C. A. & Schack, R.** (2002). *Quantum probabilities as Bayesian probabilities*. Physical Review A, **65**(2).
- [20] **Gurney, R. W. & Condon, E. U.** (1928). *Wave Mechanics and Radioactive Disintegration*. Nature, **122**, 439.
- [21] **Nielsen, M. A. & Chuang, Isaac L.** (2010). *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press.